

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE VERÄNDERUNGEN DES ORGANISCHEN STOFFGEHALTES DES DONAUWASSERS

DANUBIALIA HUNGARICA LXXV.

Von

E. V. KOZMA

Ungarische Donauforschungsstation, Göd

Eingegangen: 6. Dezember, 1973

Dem organischen Stoff fällt im Ökosystem des Wassers eine sehr mannigfaltige Funktion zu. Ein Teil seiner Masse akkumuliert sich in den lebenden Organismen, ein anderer Teil kommt wiederum im Wasser, als unbelebter organische Stoff in partikulärer, oder gelöster Form vor.

Der organische Stoff ist in jeder Phase des Stoffumsatzes der Gewässer zugegen und zwar

- als das partikuläre Produkt (Biomasse) der Nettoproduktion und als ihr gelöstes Produkt und so kann ihre Beziehung zur Primärproduktion als unmittelbar bezeichnet werden;
- als Teil des Stoffumsatzproduktes eines in der Zönose teilnehmenden, zu irgendwelchem Stoffumsatztyp gehörenden Organismus (Produzent, Konsument, Reduzent);
- beim Eingehen der Organismen, nimmt die Menge des unbelebten partikulären organischen Stoffes und infolge der nach dem Abbau einsetzenden autolithischen Prozesse die des gelösten organischen Stoffes zu;
- im Zuge des Abbaues durch Mikroben bis zur völligen Mineralisation macht der organische Stoff zahlreiche Umwandlungen mit.

Der lebende und unbelebte organische Stoff ist ein wichtiger Stoffträger der Stoffumsatzprozesse der Gewässer. Eine Nahrungs- und Energie-quelle auf den verschiedensten Stufen der Nahrungskette (Schwoebel 1966, 1971). Im Laufe der Synthese kann der organische Stoff, als Wasserstoffdonator eine Rolle spielen (Stárka 1968). Durch seine reduzierenden Eigenschaften steht er mit dem Sauerstoffumsatz der Gewässer in enger Verbindung. Wegen seiner reduzierenden Eigenschaften kann er auch die Aufnahme einzelner Metalle (z.B.

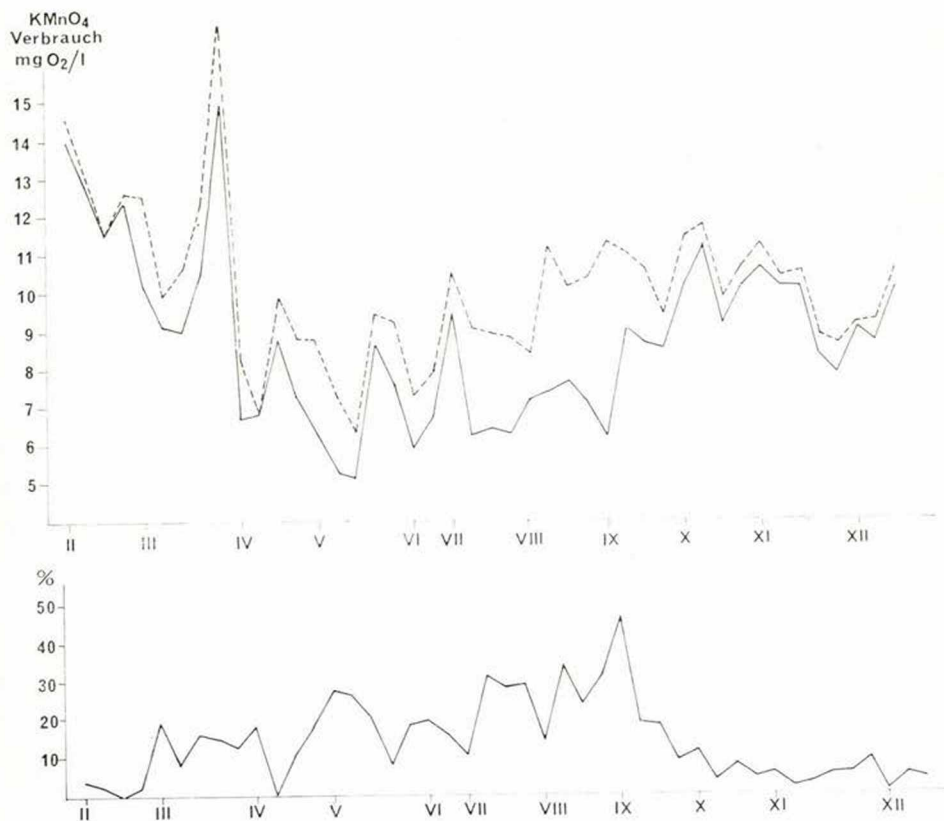


Abb. 1. Der Sauerstoffverbrauch des gefilterten (—) und ungefilterten (---) Donauwassers (oben). Menge des partikulären organischen Stoffes im Prozentsatz des gesamten organischen Stoffes (unten).

Eisen, Mangan usw.) in einer Lösung fördern (Dussart 1966, Schwoerbel 1971, Urbanec 1959).

Infolge der sehr wichtigen Rolle des organischen Stoffes im Stoffumsatz der Gewässer sowie der im Zusammenhang mit der Verschmutzung der Oberflächenwasser aufgetauchten zahlreichen praktischen Probleme, wenden sich sehr viele Forscher mit gesteigertem Interesse den diesbezüglichen Untersuchungen zu.

Im Zuge der chemischen Untersuchungen des Donauwassers haben wir früher im Zusammenhang mit den quantitativen Verhältnissen des organischen Stoffes zwei wichtigere Erscheinungen wahrgenommen. Im Zusammenhang mit dem jahreszeitlichen Vorkommen des organischen Stoffes stellten wir fest, daß die geringeren Werte im Sommer, die größeren hingegen im Winter anzutreffen sind. Es wurde ferner festgestellt, daß die Menge des gelösten organischen Stoffes etwa das zehnfache der Menge des partikulären organischen Stoffes ist (Kozma 1972). Ähnliche Proportionen wurden auch in Gewässern anderen Typs – z. B. in Seen – gefunden (Gocke 1970, Schwoerbel 1971).

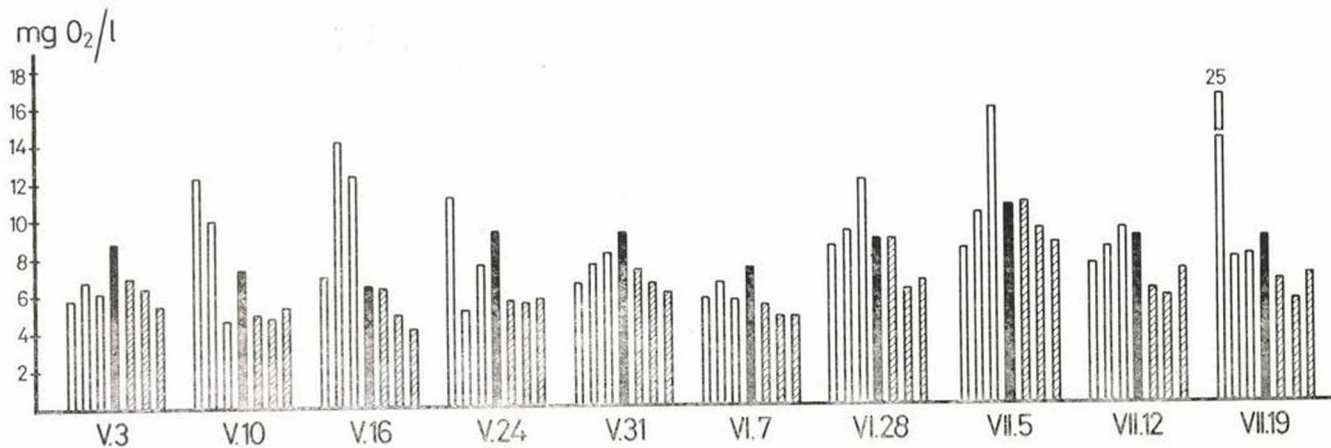
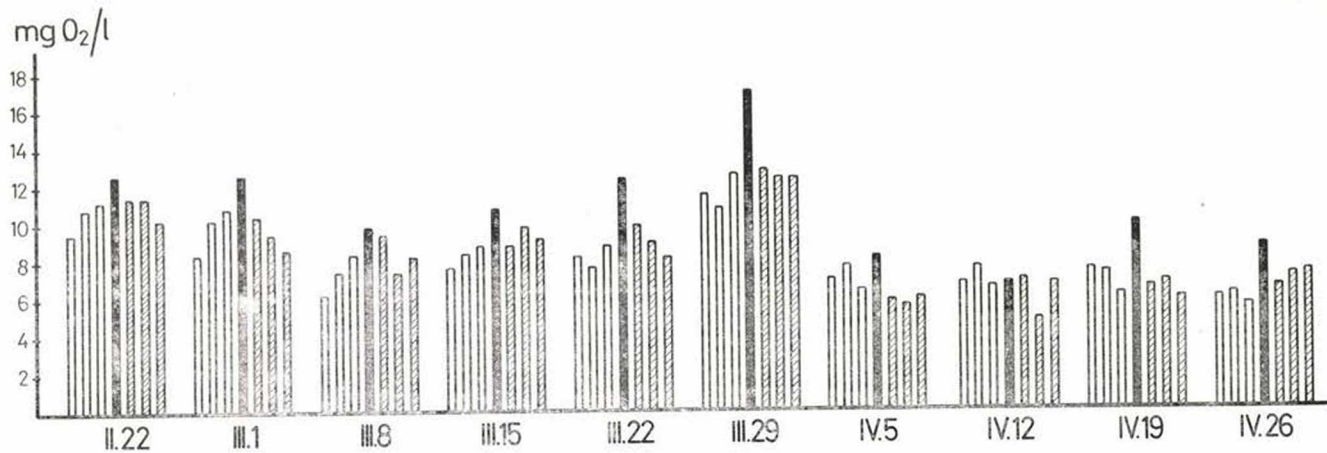
Im Zuge unserer vorliegenden Arbeit untersuchten wir zum Teil die quantitative Gestaltung und das gegenseitige Verhältnis des gelösten und des partikulären organischen Stoffes, zum Teil die Abbauverhältnisse des organischen Stoffes.

Unsere Untersuchungen wurden wöchentlich zwischen dem 1.2. und 20.12. 1973 durchgeführt. Die Wasserproben wurden in Göd beim Stromkm 1969 geschöpft. Innerhalb einer Stunde nach der Wasserprobeentnahme haben wir aus ungefiltertem sowie aus dem durch das Filterpapier „Filtrak 390“ gefilterten Wasser den Sauerstoffverbrauch gemessen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen enthalten Abb. 1. Hier nach wurden je 3 helle und dunkle Flaschen mit eingeschliffenem Glaskork mit ungefiltertem Donauwasser gefüllt. Die hellen Flaschen haben wir bei 20 °C mit einer Lichtstärke von 4000 Lux mit Hilfe eines „F-7 Daylight“-Lichtrohres beleuchtet; die dunklen Flaschen wurden ebenfalls bei 20 °C im Dunkeln untergebracht. Am 5., 8. und 12. Tage nach der Probeentnahme haben wir den Sauerstoffverbrauch der aus je einer hellen bzw. dunklen Flasche entnommenen Wasserprobe bestimmt. Die Ergebnisse enthält Abb. 2.

Im Laufe der chemischen Untersuchungen haben wir die von der „Bundesanstalt für Wasserbiologie und Abwasserforschung“ (Wien) für die internationale Donauforschung empfohlene Methode angewandt, die im wesentlichen eine in saurem Mittel durchgeführte Kaliumpermanganat-Oxydation ist. Das Ergebnis wird in O_2 mg/l angegeben.

Aufgrund der Abb. 1 – die den Sauerstoffverbrauch des gefilterten und ungefilterten Wassers darstellt – konnte folgendes festgestellt werden:



3*

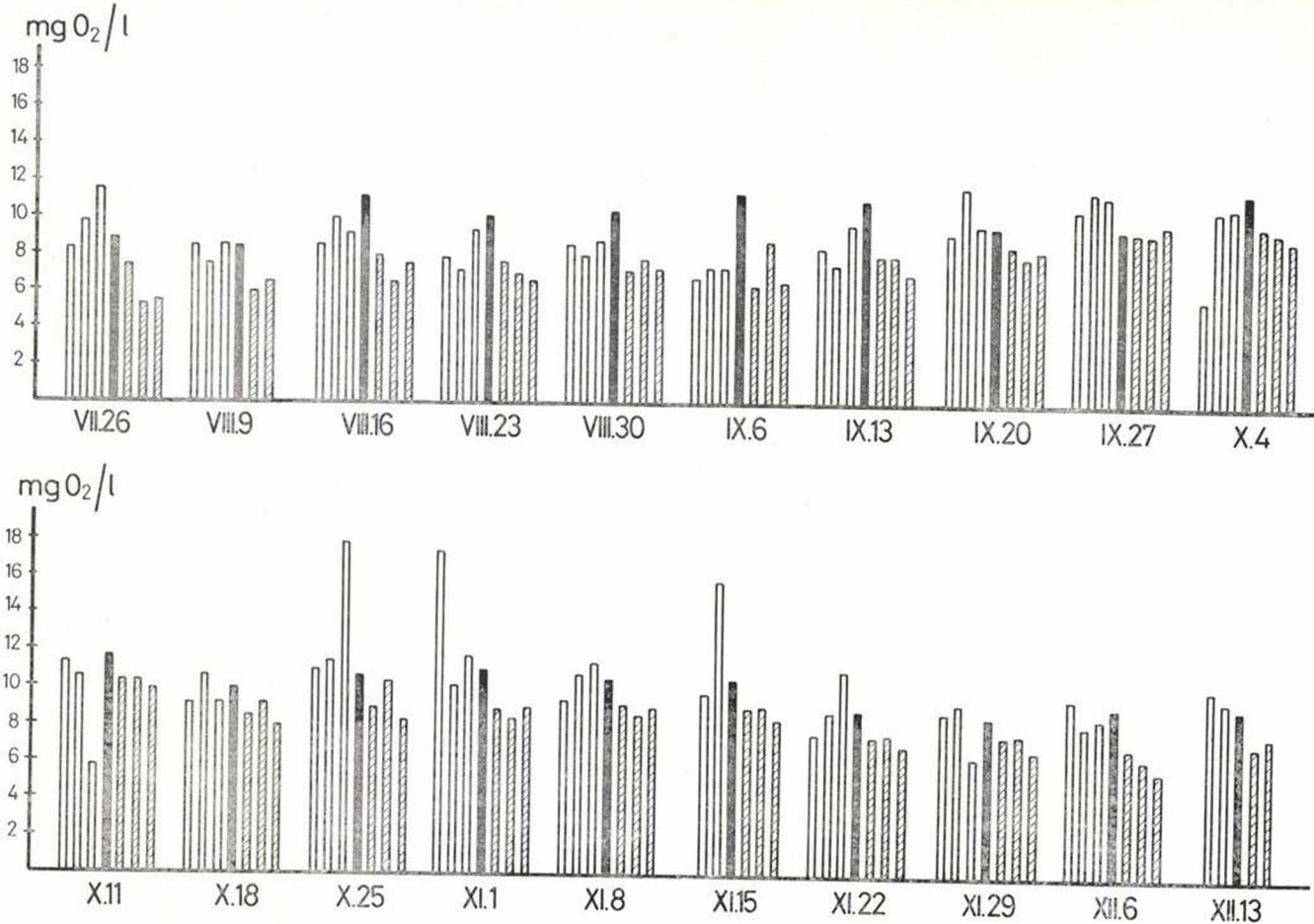


Abb. 2. Werte des in den hellen, bzw. dunklen Flaschen gemessenen Sauerstoffverbrauches. Der am Tag der Wasserprobenentnahme gemessene Sauerstoffverbrauch (schwarz). Messergebnisse der im Hellen inkubierten Proben am 5., 8. und 12. Tage (unschraffiert). Messergebnisse der im Dunkeln inkubierten Proben am 5., 8 und 12. Tage (schraffiert).

In der kalten Winterperiode war der Sauerstoffverbrauch höher, als im Sommer, in der warmen Periode. Dies ist sowohl für das gefilterte, als auch für das ungefilterte Wasser gleichfalls gültig.

Das ungefilterte Wasser ergab immer höhere Werte, als das gefilterte. Dies ist auch natürlich, da ja die aus dem gefilterten Wasser gewonnenen Daten sich nur auf die Menge des gelösten organischen Stoffes beziehen, die Meßangaben des ungefilterten Wassers bezeichnen hingegen die Menge des gelösten und des partikulären organischen Stoffes *zusammen*. (Die partikuläre Stoffmenge enthält außer den unbelebten Teilchen auch noch die in der Wasserprobe vorhandenen, vor der Bestimmung noch lebenden Planktonorganismen.) Auf diese Weise ist also der Unterschied des Sauerstoffverbrauches der gefilterten und ungefilterten Proben mit der Menge des lebenden und unbelebten partikulären organischen Stoffes proportioniert.

Um veranschaulichen zu können, wie sich die Menge des partikulären und des gelösten organischen Stoffes zueinander verhält, haben wir errechnet, wieviel Prozente der Menge des gesamten gemessenen organischen Stoffes der partikuläre organische Stoff ausmacht. Das Ergebnis der Berechnung führt Abb. 1 vor.

Die Auswertung unserer Angaben wird dadurch erschwert, daß das Donauwasser natürlicherweise nicht nur organischen Stoff von autochthonem, sondern auch von allochthonem Ursprung enthält. Der Ablauf der Kurven zeigt jedoch unter Berücksichtigung dieser sehr veranschaulichend, daß die partikuläre Komponente des organischen Stoffes in den Monaten Juli, August und September bedeutend zunimmt. Außerdem ist Ende April und Anfang Mai ein bedeutenderes Anwachsen zu verzeichnen. Dies stimmt mit unseren, über die in der Donau, als Lebensraum sich abspielenden biologischen Prozesse gebildeten Vorstellungen unbedingt überein.

Die aus beleuchteten bzw. im Dunkeln inkubierten Flaschen gewonnenen Meßergebnisse enthalten Abb. 2 und Tab. 1.

Die Säulendiagramme der Abb. 2 stellen die in den hellen bzw. dunklen Flaschen gemessenen Sauerstoffverbrauchswerte dar. Die schwarze Säule gibt den am Tage der Probeentnahme gemessenen Sauerstoffverbrauch des ungefilterten Wassers an.

Nach rechts bezeichnen die Säulen in chronologischer Reihenfolge die am 5., 8. bzw. 12. Tage gemessenen Ergebnisse der beleuchteten Flaschen. Links von der schwarzen Säule (gestrichelte Säulen) sind die Meßergebnisse der im Dunkeln inkubierten Flaschen am 5., 8., bzw. 12. Tage angegeben.

Die Meßergebnisse können im folgenden zusammengefaßt werden:

Bei den hellen Flaschen haben wir oft konstatiert, daß am 5., 8. und 12. Tage höhere, oft bedeutend höhere Sauerstoffverbrauchswerte gemessen wurden, als am ersten Tag. Dies ist auch natürlich, da ja in diesen Flaschen die Bedingungen sich für einzelne Organismen als günstig erwiesen und sich kräftig vermehrten. Dies war auch meist augensichtlich, in den Flaschen haben die Algen oft das Wasser kräftig

Tab. I.

Die Durchschnittswerte der Meßergebnisse der im Dunkeln und im Hellen inkubierten Proben

Daten	Sauerstoffverbrauch mg O ₂ /l der am Tage der Probeent- nahme gemessene Wert aus ungefiltertem Wasser	Sauerstoffverbrauch mg O ₂ /l Durchschnittswerte der Meßergebnisse der im Hellen inkubierten Proben	Sauerstoffverbrauch mg O ₂ /l Durchschnittswerte der Meßergebnisse der im Dunkeln inkubierten Proben
22. II.	12,6	10,4	10,9
1. III.	12,5	9,3	9,4
8. III.	9,9	7,3	8,8
15. III.	10,7	8,2	9,2
22. III.	12,3	8,2	9,0
29. III.	17,0	11,5	12,4
5. IV.	8,2	6,9	5,8
12. IV.	6,8	7,0	6,5
19. IV.	9,9	7,0	6,5
26. IV.	8,8	5,9	6,9
3. V.	8,7	6,2	6,2
10. V.	7,3	9,0	5,1
15. V.	6,4	11,2	5,1
24. V.	9,4	7,3	5,7
31. V.	9,2	7,4	6,5
7. VI.	7,3	6,0	5,0
28. VI.	7,9	9,8	6,8
5. VII.	10,5	11,3	9,5
12. VII.	9,0	8,4	6,3
19. VII.	9,0	8,4	6,3
26. VII.	8,8	9,8	6,1
9. VIII.	8,4	8,2	6,2
16. VIII.	11,2	9,2	7,3
23. VIII.	10,1	8,1	7,0
30. VIII.	10,3	8,3	7,4
6. IX.	11,3	7,1	7,2
13. IX.	11,0	8,5	7,5
21. IX.	10,5	10,4	8,3
27. IX.	9,4	11,1	9,4
4. X.	11,4	9,0	9,5
11. X.	11,7	9,2	10,2
18. X.	9,8	9,6	8,5
25. X.	10,6	13,5	9,1
1. XI.	11,2	13,1	8,7
8. XI.	10,4	10,5	8,9
15. XI.	10,5	12,8	8,8
22. XI.	8,8	9,1	7,3
29. XI.	8,6	8,1	7,3
6. XII.	9,1	8,7	6,3
13. XII.	9,2	9,8	7,7

verfärbt. Die sich in den zu verschiedenen Zeitpunkten entnommenen Wasserproben zeigenden, ziemlich bedeutenden Abweichungen werden wahrscheinlich durch die Artzusammensetzung des Phytoplanktons bzw. die gemäß der autökologischen Eigenschaften der aktuell gegenwärtigen Arten wechselnden Individuenzahlen erklärt. Die in den Flaschen gegebenen Bedingungen konnten zuweilen die bedeutende Vermehrung einzelner Arten hervorrufen, während in anderen Fällen diese Verhältnisse nicht, oder nur in geringem Maße für die vorhandenen Arten nützlich gemacht werden konnten.

Bei den in Dunkeln inkubierten Flaschen haben wir ein bedeutendes Anwachsen des Sauerstoffverbrauches — also den Anstieg des organischen Stoffes — nicht gemessen, ein geringes Anwachsen konnte jedoch zuweilen auch hier verzeichnet werden. Natürlicherweise hat die 5,8 bzw. 12. Tage lang anhaltende, ständige Dunkelheit die Vermehrung der Algen nicht gefördert. Das kleine Anwachsen des organischen Stoffes läßt sich wahrscheinlich mit der Vermehrung der Bakterien erklären.

Tab. 1 führt die aus dreimaligen Meßergebnissen der dunklen bzw. hellen Flaschen errechneten Durchschnittswerte auf. Beim Vergleich der Daten können wir drei wichtigere Zusammenhänge beobachten:

a) Der Durchschnittswert der dunklen Proben ist immer weniger, als das Meßergebnis des ersten Tages.

b) Es ist interessant, daß auch der Durchschnittswert der im Hellen inkubierten Proben oft geringer ist, als das Meßergebnis des ersten Tages. Von 40 Messungen war nur 13mal der Durchschnitt der hellen Proben größer, als der Meßwert des ersten Tages.

c) Die Durchschnittswerte der dunklen Proben sind im allgemeinen niedriger, als die der hellen. Von 40 Messungen waren nur in 10 Fällen die Durchschnittswerte höher, als die der hellen.

Aus all diesem kann darauf geschlossen werden, daß im Hellen und im Dunkeln die quantitativen Verhältnisse des organischen Stoffes sich selbst im Donauwasser abweichend gestalten. Bei Tag, bei entsprechenden Temperatur- und Lichtverhältnissen ist der Aufbau, die Produktion des organischen Stoffes der dominierende Prozeß und dem Abbau des organischen Stoffes kommt nur als einer natürlichen Folge der Aufbauprozesse eine Rolle zu. Bei Nacht, unter ungünstigeren Licht- und Temperaturverhältnissen tritt aber der Abbauprozess in den Vordergrund.

Vielleicht können wir aufgrund dieser Annahme die Frage beantworten, warum der Sauerstoffverbrauch des Donauwassers im Winter höher ist, als im Sommer, trotz dessen, daß die prozentuelle Menge des partikulären organischen Stoffes im Vergleich zur Sommerperiode sich stark verringert. (Laut den von Szemes im Jahre 1968 publizierten Daten betrifft die Menge der Algen im Winter bloß einige Ind/ml). Meines Erachtens kann für diese jahreszeitliche Abweichung — zumindest zum Teile — die nächtliche Phase des Abbaues des organischen Stoffes verantwortlich gemacht werden, die starke Kälte beeinflußt

nämlich ungünstig die Lebensprozesse der im Abbau eine Rolle spielenden Organismen. Sowohl ihre Vermehrung, als ihre Stoffumsatzprozesse verlangsamten sich und es ergibt sich daraus, daß der Abbau des organischen Stoffes langsamer verläuft und dadurch seine Menge zunimmt.

Aufgrund unserer Untersuchungen kann zusammenfassend festgestellt werden, daß

1. In der Menge des organischen Stoffes im Donauwasser zu einer entschiedenen jahreszeitlichen Schwankung kommt.

2. Die Menge des partikulären organischen Stoffes nimmt im Sommer, in den warmen, produktiven Jahreszeiten bedeutend zu, im Winter macht sie hingegen bloß einige Prozente des gesamten organischen Stoffes aus.

3. Für die jahreszeitlichen Abweichungen spielen die in der Produktion und im Abbau des organischen Stoffes vorausgesetzten zeitlichen (Tag und Nacht) Abweichungen eine wichtige Rolle.

Um die aufgeworfenen Fragen noch weiter zu klären, planen wir, die obigen Untersuchungen mit Hilfe des Bakterienfilters auch mit gefiltertem Donauwasser zu wiederholen. Ein Teil der Wasserproben werden wir bei $+1-2^{\circ}\text{C}$ inkubieren und dadurch wird es ermöglicht, daß wir die Änderungen des organischen Stoffes auch unter den natürlichen Winterverhältnissen ähnlichen Temperaturverhältnissen verfolgen. Schließlich verspricht auch die Messung des tageszeitlichen Sauerstoffverbrauches interessant zu werden.

SCHRIFTTUM

- Dussart, B. 1966. *Limnologie l'étude des eaux continentales* — Paris, 676ff.
- Gocke, K. 1970. Untersuchungen über Abgabe und Aufnahme von Aminosäuren und Polypeptiden durch Planktonorganismen. *Arch. Hydrobiol.* 67. 3. Stuttgart, 285–367.
- Kozma, E. V. 1972. Einige Daten über den organischen Stoffgehalt des Donauwassers (Danubialis Hungarica LXIII.). *Ann. Univ. Sci. Budapest, Sect. Biol.* 14: 47–51.
- Schwoerbel, J. 1966. *Methoden der Hydrobiologie*. Stuttgart, 207ff.
- Schwoerbel, J. 1971. Einführung in die Limnologie. Jena, 170ff.
- Szemes, G. 1968. Zusammenhänge zwischen den Schwankungen der Wasserhöhe der Donau und der periodisch auftretenden Algenproduktion, mit besonderer Berücksichtigung der Beschaffenheit des aus dem Oberflächenwasser gewonnenen Trinkwassers. — *Limnologische Berichte der X. Jubiläumstagung Donauforschung Bulgarien* 10–21. Oktober 1966. Sofia, 529–535.
- Stárka, J. 1968. *Physiologie und Biochemie der Mikroorganismen*, Jena, 608ff.
- Urbansek, J. 1959. Az alföldi ártézi vizek vasassága és keménysége (Eisengehalt und Härte der artesischen Gewässer im Alföld). *Hidrol. Közl.* 39: 365–374.